Introduzione al linguaggio C

CALCOLATORI ELETTRONICI – FONDAMENTI DI PROGRAMMAZIONE

a.a. 2023/2024

Prof. Roberto Pirrone

Un programma per convertire le miglia in chilometri

```c
/*
* Converts distance in miles to kilometers.
*/
#include <stdio.h> /* printf, scanf definitions */
#define KMS_PER_MILE 1.609 /* conversion constant */

int
main(void)
{
double miles, /* input - distance in miles. */
kms; /* output - distance in kilometers */

/* Get the distance in miles. */
printf("Enter the distance in miles> ");
scanf("%lf", &miles);

/* Convert the distance to kilometers. */
kms = KMS_PER_MILE * miles;

/* Display the distance in kilometers. */
printf("That equals %f kilometers.\n", kms);

return (0);
}
```

commenti

Commenti

- Iniziano con `/*` e terminano con `*/`
- Il compilatore *ignora* il testo dei commenti
- Possono essere multilinea

Un programma per convertire le miglia in chilometri

direttive di preprocessore

commenti

```c
/*
* Converts distance in miles to kilometers.
*/
#include <stdio.h> /* printf, scanf definitions */
#define KMS_PER_MILE 1.609 /* conversion constant */

int
main(void)
{
double miles, /* input - distance in miles. */
kms; /* output - distance in kilometers */

/* Get the distance in miles. */
printf("Enter the distance in miles> ");
scanf("%lf", &miles);

/* Convert the distance to kilometers. */
kms = KMS_PER_MILE * miles;

/* Display the distance in kilometers. */
printf("That equals %f kilometers.\n", kms);

return (0);
}
```

Direttive di preprocessore

- *preprocessore C*

- È un software che ha lo scopo di *modificare* parti del codice sorgente *prima* che inizi la compilazione

- Tutte le direttive iniziano con #

Direttive di preprocessore

`#define`

- Sostituisce *value* a *NAME* in tutto il programma

```
#define NAME value

#define MILES_PER_KM 0.62137
#define PI 3.141593
#define MAX_LENGTH 100
```

- *value* è immodificabile ed è una stringa sostitutiva che può essere complessa e che chiameremo *macro*

- Se la macro è semplicemente un valore, definiamo una costante

Direttive di preprocessore

`#include`

- Include nel testo del programma gli *header file standard*

```
#include <standard header file>

#include <stdio.h>
#include <math.h>
```

- Contengono le definizioni delle funzioni della libreria standard
  - *Sono le API di sistema!!*
- Hanno estensione `.h`

Un programma per convertire le miglia in chilometri

direttive di preprocessore

commenti

programma principale

```c
/*
* Converts distance in miles to kilometers.
*/
#include <stdio.h> /* printf, scanf definitions */
#define KMS_PER_MILE 1.609 /* conversion constant */

int
main(void)
{
double miles, /* input - distance in miles. */
kms; /* output - distance in kilometers */

/* Get the distance in miles. */
printf("Enter the distance in miles> ");
scanf("%lf", &miles);

/* Convert the distance to kilometers. */
kms = KMS_PER_MILE * miles;

/* Display the distance in kilometers. */
printf("That equals %f kilometers.\n", kms);

return (0);
}
```

Il programma principale

```
int
main(void)
{
        function body
}
```

- La *funzione* `main` determina l'inizio dell'esecuzione
- `<tipo ritornato> <nome> (<lista parametri>)`
- `main` restituisce un valore intero al S.O.
  - Usa `return` per farlo
  - `0` vuol dire tutto ok
- `void` significa che non ci sono dati in ingresso

```
int
main(void)
{
   printf("Hello world\n");
   return (0);
}
```

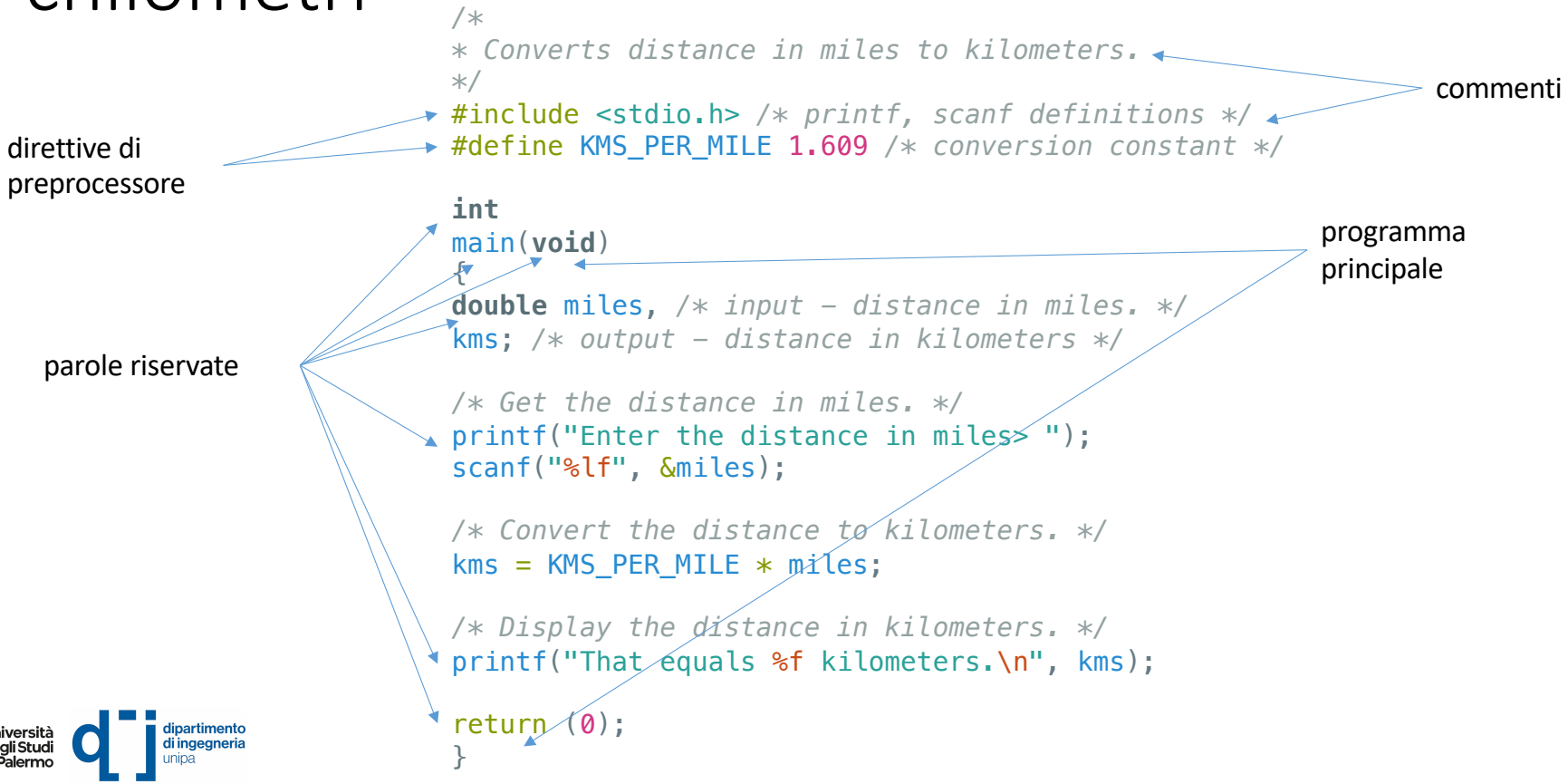
L'istruzione `return`

- Un programma C può essere *modularizzato* usando più di una funzione

- Le funzioni *possono o meno* restituire un risultato

- `return` è l'istruzione che passa il risultato *dall'interno* della funzione che lo ha calcolato alla *funzione chiamante*

Un programma per convertire le migila in chilometri



Parole riservate

- Sono le *parole* del linguaggio C
- *Non possono* essere usate dall'utente
- Le parole riservate e quelle definite dall'utente si chiamano *identificatori*

ANSI C RESERVED WORDS

auto	double	int	struct
break	else	long	switch
case	enum	register	typedef
char	extern	return	union
const	float	short	unsigned
continue	for	signed	void
default	goto	sizeof	volatile
do	if	static	while

Identificatori

- I nomi che possono essere scritti dall'utente, oltre che le parole riservate
  - Variabili, funzioni, nomi di macro …
- Regole di formazione di un identificatore definito dall'utente:
  1. Consiste solo di lettere, cifre e il carattere _ (underscore)
  2. Non può iniziare con una cifra
  3. Non può essere una parola riservata
  4. Gli identificatori definiti nella libreria standard non possono essere riutilizzati

Identificatori

```
letter_1, letter_2, inches, cent, CENT_PER_INCH, Hello, variable
```

```
1Letter
double
int
TWO*FOUR
joe's
```

Validi o non validi?

Identificatori

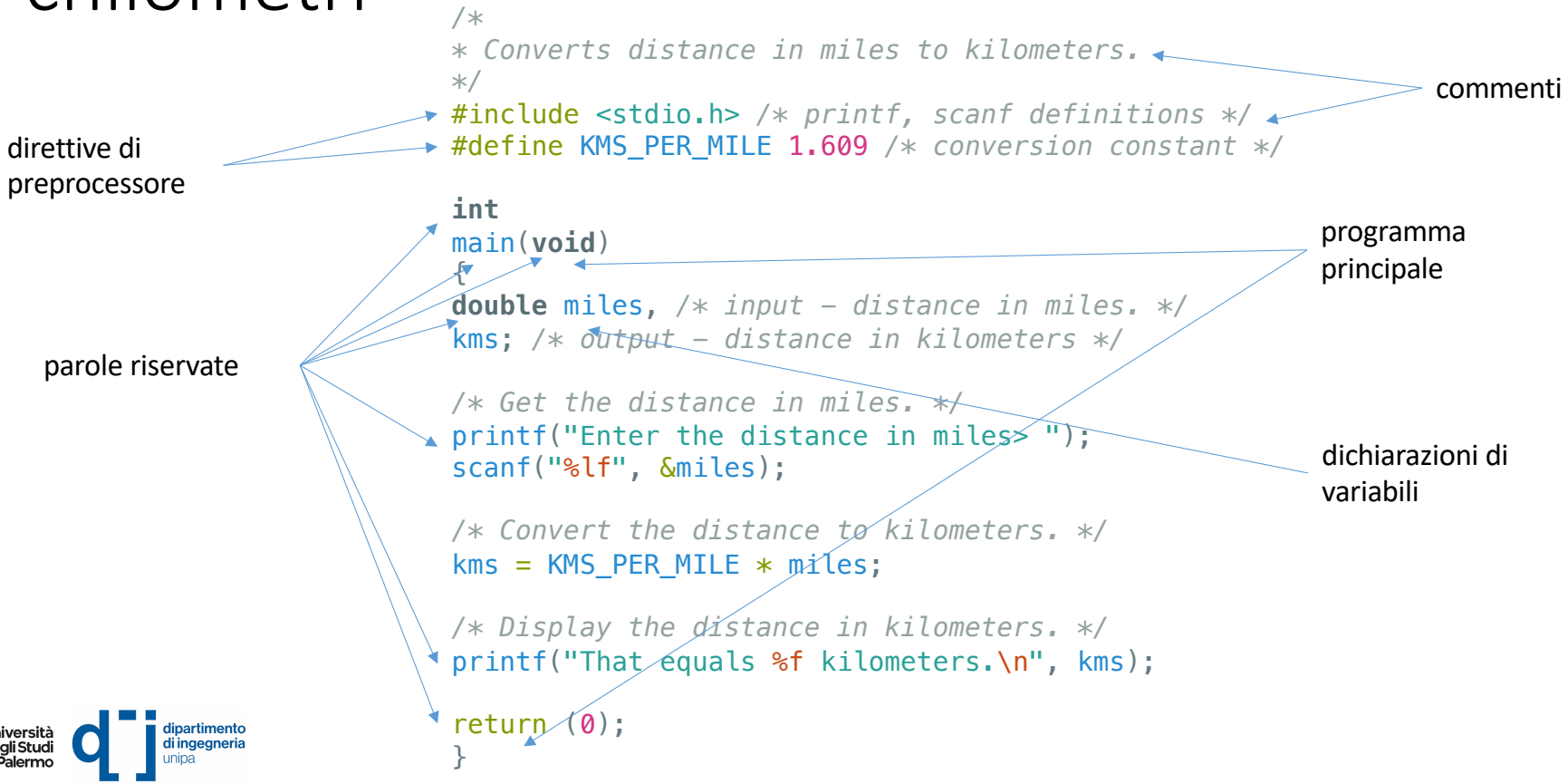
```
letter_1, letter_2, inches, cent, CENT_PER_INCH, Hello, variable
```

`1Letter`	begins with a letter
`double`	reserved word
`int`	reserved word
`TWO*FOUR`	character * not allowed
`joe's`	character ' not allowed

`Rate RATE rate`

C è *case sensitive*

Un programma per convertire le migila in chilometri



Dichiarazioni di variabili

- Riserviamo spazio in memoria per l'informazione riferita dalla variabile
- Le singole variabili anche dello stesso tipo possono essere dichiarate separatamente
- Le variabili possono essere anche inizializzate all'atto della dichiarazione

SYNTAX:

```
int variable_list;
double variable_list;
char variable_list;
```

EXAMPLES:

```
int count,
    large;
double x, y, z;
char first_initial;
char ans;
```

```
int a = 3, b;
double x = 4.0, y = 3.5,
       z = -1.324e-10;
```

Tipi di dato e letterali

- I diversi tipi di dato (`char`, `int`, `float`, `double`, …) corrispondono ad allocare quantità di memoria diverse

- *Letterale*:

  - La forma sintatticamente corretta per esprimere i valori costanti di un dato tipo

Tipi di dato e letterali

- `int, short, long`
  …

- Nasce come rappresentazione a 16 bit dei numeri interi con segno

- Esistono *tipi interi* di diverse lunghezze, con e senza segno

```
  -10500     435     +15     -25     32767
```

`short`	–32,767 .. 32,767
`unsigned short`	0 .. 65,535
`int`	–2,147,483,647 .. 2,147,483,647
`unsigned`	0 .. 4,294,967,295
`long`	–2,147,483,647 .. 2,147,483,647
`unsigned long`	0 .. 4,294,967,295

In una *tipica implementazione* di C `short <= int <= long`

Tipi di dato e letterali

- `float, double, long double`

- Rappresentazione dei reali in virgola mobile a *diverse precisioni*

Valid double Constants

`3.14159`

`0.005`

`12345.0`

`15.0e-04` (value is `0.0015`)

`2.345e2` (value is `234.5`)

`1.15e-3` (value is `0.00115`)

`12e+5` (value is `1200000.0`)

Tipi di dato e letterali

- `float, double, long double`
- Rappresentazione dei reali in virgola mobile a *diverse precisioni*

Valid double Constants	Invalid double Constants
`3.14159`	`150` (no decimal point)
`0.005`	`.12345e` (missing exponent)
`12345.0`	`15e-0.3` (`0.3` is invalid exponent)
`15.0e-04` (value is `0.0015`)	
`2.345e2` (value is `234.5`)	`12.5e.3` (`.3` is invalid exponent)
`1.15e-3` (value is `0.00115`)	`34,500.99` (comma is not allowed)
`12e+5` (value is `1200000.0`)	

Tipi di dato e letterali

- `float, double, long double`

- Rappresentazione dei reali in virgola mobile a *diverse precisioni*

Type	Approximate Range*	Significant Digits*
`float`	10^{-37} .. 10^{38}	6
`double`	10^{-307} .. 10^{308}	15
`long double`	10^{-4931} .. 10^{4932}	19

In una *tipica implementazione* di C

Tipi di dato e letterali

- `char`

- Rappresenta singoli caratteri, cifre, segni di interpunzione, *caratteri non stampabili*

```
'A'   'z'   '2'   '9'   '*'   ':'   '"'   ' '
```

Tipi di dato e letterali

- `char`
- Rappresenta singoli caratteri, cifre, segni di interpunzione, *caratteri non stampabili*
- Vengono rappresentati tramite le tabelle dei caratteri
  - ANSI C usa il *codice ASCII*

Left Digit(s) \ Right Digit	ASCII									
	0	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**
3			□	!	"	#	$	%	&	'
4	(	)	*	+	,	–	.	/	0	1
5	2	3	4	5	6	7	8	9	:	;
6	<	=	>	?	@	A	B	C	D	E
7	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
8	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y
9	Z	[	/	]	^	–	`	a	b	c
10	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m
11	n	o	p	q	r	s	t	u	v	w
12	x	y	z	{	|	}				

Tipi di dato e letterali

- `char`
- Rappresenta singoli caratteri, cifre, segni di interpunzione, *caratteri non stampabili*
- Vengono rappresentati tramite le tabelle dei caratteri
  - ANSI C usa il *codice ASCII*

ASCII

Left Digit(s) \ Right Digit	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
3			□	!	"	#	$	%	&	'
4	(	)	*	+	,	–	.	/	0	1
5	2	3	4	5	6	7	8	9	:	;
6	<	=	>	?	@	A	B	C	D	E
7	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
8	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y
9	Z	[	/	]	^	–	`	a	b	c
10	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m
11	n	o	p	q	r	s	t	u	v	w
12	x	y	z	{	|	}				

I codici da 0 a 31 sono *caratteri di controllo* per la trasmissione seriale e di spaziatura nella stampa: `'\n', '\t'`

Tipi di dato e letterali

- `char`
- Rappresenta singoli caratteri, cifre, segni di interpunzione, *caratteri non stampabili*
- Vengono rappresentati tramite le tabelle dei caratteri
  - ANSI C usa il *codice ASCII*

ASCII

Left Digit(s) \ Right Digit	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
3			□	!	"	#	$	%	&	'
4	(	)	*	+	,	–	.	/	0	1
5	2	3	4	5	6	7	8	9	:	;
6	<	=	>	?	@	A	B	C	D	E
7	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
8	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y
9	Z	[	/	]	^	–	`	a	b	c
10	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m
11	n	o	p	q	r	s	t	u	v	w
12	x	y	z	{	|	}				

I caratteri sono *piccoli interi a 8 bit* ordinati: `'0' < '5' < 'A' < 'a'`

Tipi di dato e letterali

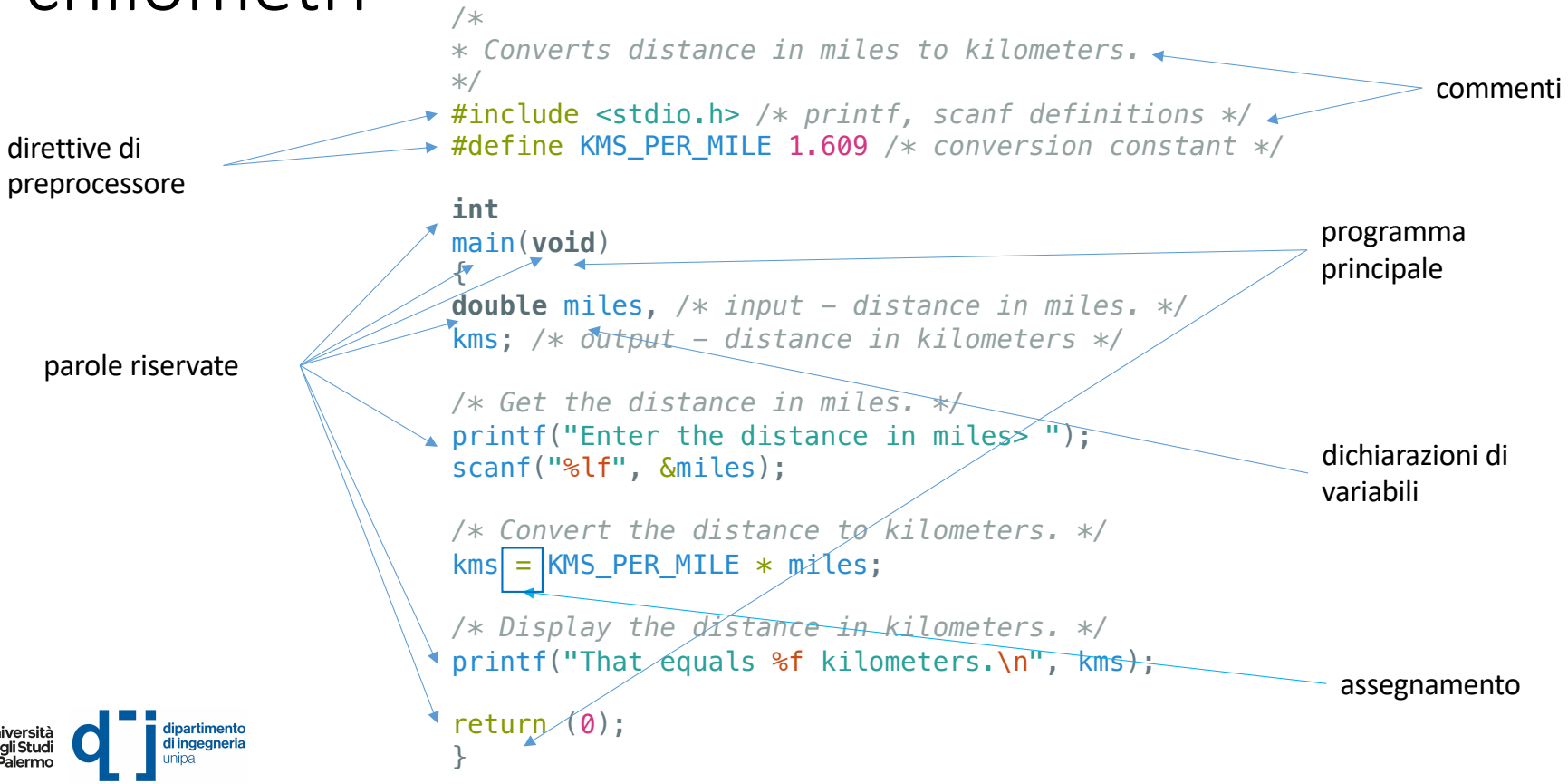
- `char`
- Rappresenta singoli caratteri, cifre, segni di interpunzione, *caratteri non stampabili*
- Vengono rappresentati tramite le tabelle dei caratteri
  - ANSI C usa il *codice ASCII*

ASCII

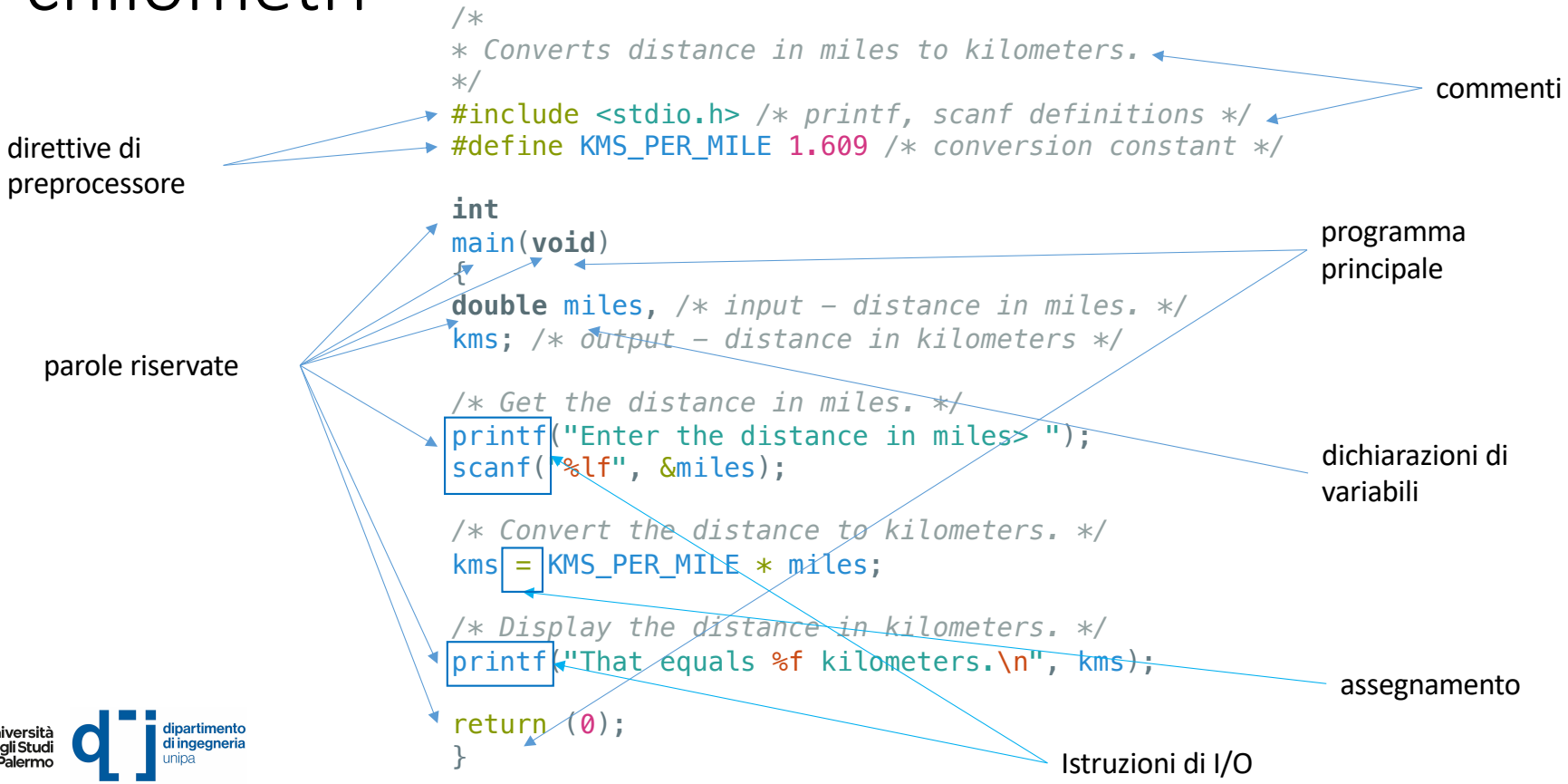
Left Digit(s) \ Right Digit	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
3			□	!	"	#	$	%	&	'
4	(	)	*	+	,	–	.	/	0	1
5	2	3	4	5	6	7	8	9	:	;
6	<	=	>	?	@	A	B	C	D	E
7	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
8	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y
9	Z	[	/	]	^	–	`	a	b	c
10	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m
11	n	o	p	q	r	s	t	u	v	w
12	x	y	z	{	|	}				

In una *tipica implementazione* di C `char < short <= int <= long`

Un programma per convertire le migila in chilometri



Un programma per convertire le migila in chilometri




```c
/*
* Converts distance in miles to kilometers.
*/
#include <stdio.h> /* printf, scanf definitions */
#define KMS_PER_MILE 1.609 /* conversion constant */

int
main(void)
{
double miles, /* input - distance in miles. */
kms; /* output - distance in kilometers */

/* Get the distance in miles. */
printf("Enter the distance in miles> ");
scanf("%lf", &miles);

/* Convert the distance to kilometers. */
kms = KMS_PER_MILE * miles;

/* Display the distance in kilometers. */
printf("That equals %f kilometers.\n", kms);

return (0);
}
```

Assegnamento

- Usa il simbolo =

FORM:	*variable* = *expression*;
EXAMPLE:	`x = y + z + 2.0;`

- Calcola *expression* e ne inserisce il risultato in *variable*

Assegnamento

- Usa il simbolo =

FORM:	*variable* = *expression*;
EXAMPLE:	`x = y + z + 2.0;`

- Calcola *expression* e ne inserisce il risultato in *variable*

Before assignment


```
kms = KMS_PER_MILE * miles;
```

Assegnamento

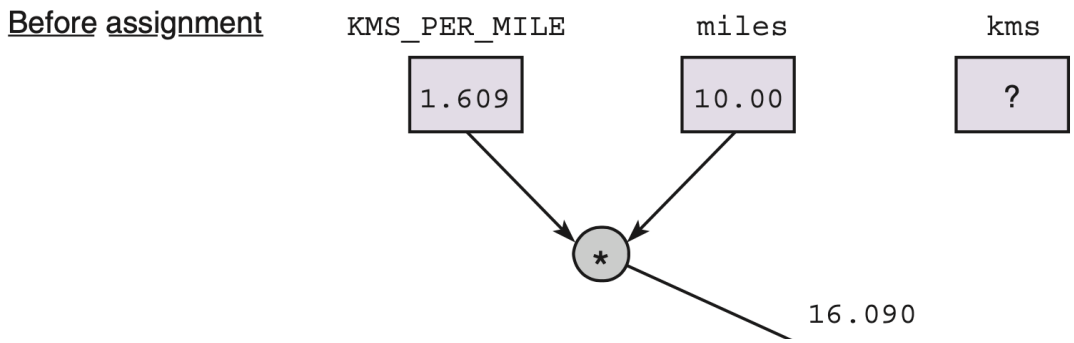
- Usa il simbolo =

FORM: *variable* = *expression*;

EXAMPLE: `x = y + z + 2.0;`

- Calcola *expression* e ne inserisce il risultato in *variable*

```
kms = KMS_PER_MILE * miles;
```



Assegnamento

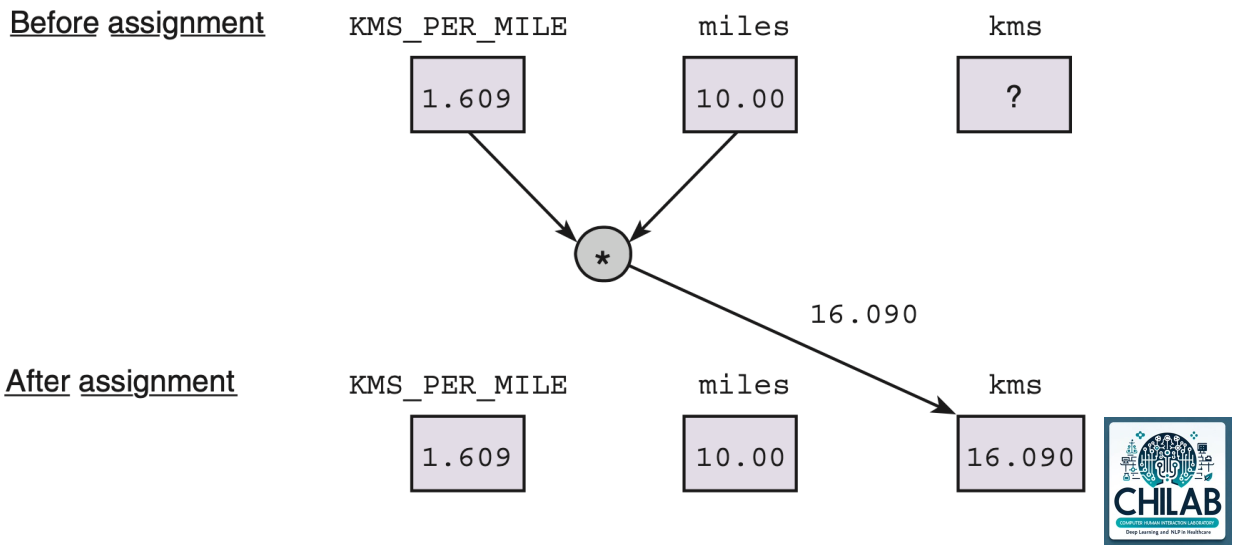
- Usa il simbolo =

FORM: *variable* = *expression*;

EXAMPLE: `x = y + z + 2.0;`

- Calcola *expression* e ne inserisce il risultato in *variable*

```
kms = KMS_PER_MILE * miles;
```



Università degli Studi di Palermo

dipartimento di ingegneria unipa

CHILAB

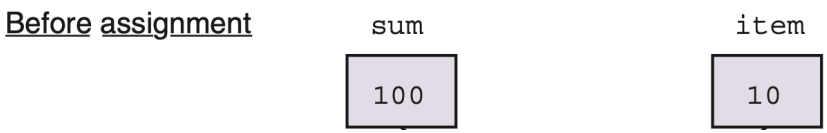
Assegnamento

- Usa il simbolo =

FORM: *variable* = *expression*;

EXAMPLE: `x = y + z + 2.0;`

- Calcola *expression* e ne inserisce il risultato in *variable*




```
sum = sum + item;
```

Assegnamento

- Usa il simbolo =

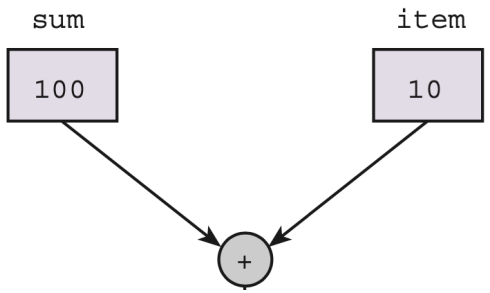
FORM: *variable* = *expression*;

EXAMPLE: `x = y + z + 2.0;`

- Calcola *expression* e ne inserisce il risultato in *variable*

```
sum = sum + item;
```

Before assignment



Assegnamento

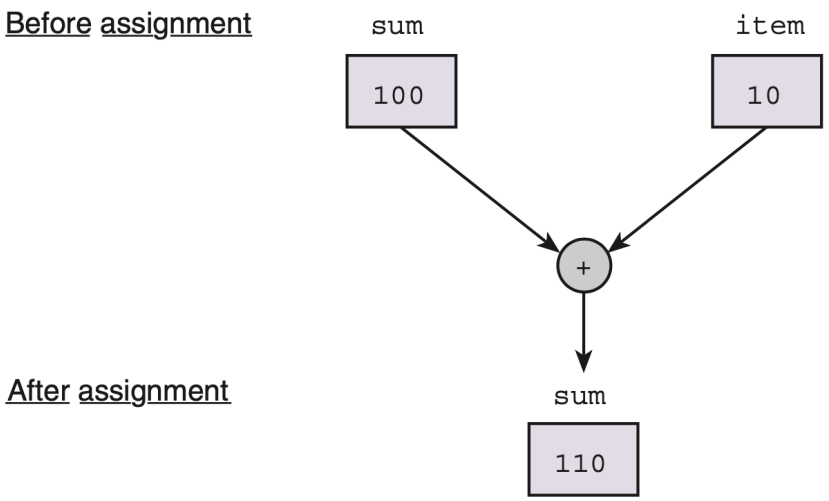
- Usa il simbolo =

FORM: *variable* = *expression*;

EXAMPLE: `x = y + z + 2.0;`

- Calcola *expression* e ne inserisce il risultato in *variable*

```
sum = sum + item;
```



Istruzioni di I/O

- `printf`

- Stampa a video la *stringa formato* in cui vengono sostituiti i *segnaposto*

SYNTAX:
```
printf(format string, print list);
printf(format string);
```

EXAMPLES:
```
printf("I am %d years old, and my gpa is %f\n",
       age, gpa);
printf("Enter the object mass in grams> ");
```

Istruzioni di I/O

- `scanf`

SYNTAX: **`scanf(`***format string, input list***`);`**

EXAMPLE: **`scanf("%c%d", &first_initial, &age);`**

- Legge da terminale gli elementi di input secondo la *stringa formato* che indica la conversione di tipo da eseguire *partendo dal flusso di caratteri digitati*

- Necessita di conoscere l'indirizzo di memoria associato alla variabile usando l'*operatore indirizzo* `&`

Stringa formato

%[*allineamento*][*ampiezza_campo*][.*precisione*][*modificatore*] *carattere_tipo*

Stringa formato

- Tipi e modificatori

Codice	Tipo	Usato da
`%d` ovvero `%i`	`int`	`printf /scanf` (solo `%d`)
`%u`	`unsigned int`	`printf / scanf`
`%o`	`unsigned int` (ottale)	`printf / scanf`
`%x` ovvero `%X`	`unsigned int` (esadecimale)	`printf / scanf`
`%h(d,i,u,o,x,X)`	tipo intero `short`	`printf / scanf`
`%l(d,i,u,o,x,X)`	tipo intero `long`	`printf / scanf`
`%c`	`char`	`printf / scanf`
`%f`	`float`	`printf / scanf`
`%e` ovvero `%E`	notazione scientifica (`float`)	`printf / scanf`
`%g` ovvero `%G`	il minimo tra `%e` (`%E`) e `%f`	`printf / scanf`
`%lf, %lg, %lG`	`double`	`printf / scanf`
`%Lf, %Lg, %LG`	`double`	`printf / scanf`
`%s`	stringhe di caratteri	`printf / scanf`

Stringa formato

- Ampiezza del campo
- Interi
  - %*n*d
  - *n* indica lo spazio in caratteri

Value	Format	Displayed Output	Value	Format	Displayed Output
234	%4d	▮234	-234	%4d	-234
234	%5d	▮▮234	-234	%5d	▮-234
234	%6d	▮▮▮234	-234	%6d	▮▮-234
234	%1d	234	-234	%2d	-234

Stringa formato

- Ampiezza del campo
- Reali
  - %*n.m*f, %*n.m*g

Value	Format	Displayed Output	Value	Format	Displayed Output
3.14159	%5.2f	▮3.14	3.14159	%4.2f	3.14
3.14159	%3.2f	3.14	3.14159	%5.1f	▮▮3.1
3.14159	%5.3f	3.142	3.14159	%8.5f	▮3.14159
.1234	%4.2f	0.12	-.006	%4.2f	-0.01
-.006	%8.3f	▮▮-0.006	-.006	%8.5f	-0.00600
-.006	%.3f	-0.006	-3.14159	%.4f	-3.1416

  - *n* indica lo spazio in caratteri
  - *m* indica il numero di cifre dopo la virgola

Stringa formato

- Ampiezza del campo
- Stringhe e caratteri
  - `%ns,%nc`

```
printf("%20s\n","mamma");
```

  - *n* indica lo spazio in caratteri con allineamento a destra

Stringa formato

- Flag di allineamento

Flag	Significato
–	Allineamento a sinistra
+	Forza il segno nei numeri (anche positivi)
0	padding a sinistra con 0
#	Inserisce la notazione o, 0x ovvero 0X in esadecimali e ottali
' '	padding a sinistra con spazi

Espressioni aritmetiche

- Le espressioni aritmetiche, in genere si scrivono come quelle cui siamo abituati dalla matematica
- Usano degli operatori e diversi livelli di parentesi
- Esistono precise regole che gestiscono il calcolo di una espressione complessa
  - *Precedenza* → quale operatore viene considerato per primo
  - *Associatività* → in quale direzione vengono considerati gli operandi

Espressioni aritmetiche

- Associatività
- Esistono *operatori binari* e *operatori unari*
- `x + y`: `+` è binario e *associativo da sinistra*
- `-y`: `-` è unario e *associativo da destra*

Espressioni aritmetiche

- Precedenza e associatività degli operatori aritmetici in C

Simbolo	Significato	Precedenza	Associatività
( )	parentesi – altera la precedenza	1	-
+ −	segno dell'espressione		destra
* /	moltiplicazione e divisione	2	sinistra
%	resto della divisione		sinistra
+ −	somma e sottrazione (binari)	3	sinistra

In C non esiste l'*operatore* di elevazione a potenza

Espressioni aritmetiche

- `/` e `%`

- Per i tipi interi calcolano la divisione intera e il resto secondo la formula

$$m = \texttt{(m/n)*n+m\%n}$$

Espressioni aritmetiche

- / e %

```
3 / 15 = 0
15 / 3 = 5
16 / 3 = 5
17 / 3 = 5
```

```
18 / 3 = 6
16 / -3 varies
0 / 4 = 0
4 / 0 is undefined
```

```
3 % 5 = 3
4 % 5 = 4
5 % 5 = 0
6 % 5 = 1
7 % 5 = 2
8 % 5 = 3
```

```
5 % 3 = 2
5 % 4 = 1
15 % 5 = 0
15 % 6 = 3
15 % -7 varies
15 % 0 is undefined
```

Per i tipi reali / fornisce risultato reale e % non è definito

Espressioni aritmetiche

- Espressioni con variabili di diversi tipi
- L'espressione assume il tipo più «grande» in bit e necessita di una variabile risultato di quel tipo
- Se così non è, i bit del risultato *vengono troncati* per entrare nella dimensione del tipo del risultato

Espressioni aritmetiche

- Espressioni con variabili di diversi tipi

- È possibile forzare una espressione ad assumere il tipo desiderato con l'operatore di *cast*

(*desired_type*) *expression*

```
n = (int)(9 * 0.5);
```

Introduzione alla stringhe

- La maniera più semplice di dichiarare una stringa è come *vettore di caratteri*

```
char string_var[30];
char str[20] = "Initial value";
```

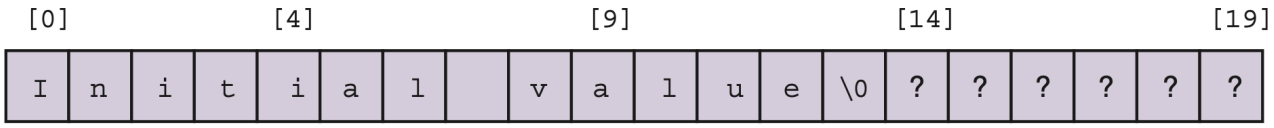
  - Viene allocato lo spazio in memoria per tanti `char` quanto è il valore tra `[` e `]`

  - Come faccio a gestire stringhe di *lunghezza variabile*?
  - Vengono stampati o caricati *per forza tutti i caratteri*?

Introduzione alla stringhe

- La stringa inizializzata viene terminata con il *carattere nullo* che si rappresenta come `'\0'` è ha codice ASCII pari a 0

```
char str[20] = "Initial value";
```



- I caratteri successivi a `'\0'` vengono ignorati e non vengono stampati

`char str[7]="";` Cosa c'è nella stringa?

Introduzione alla stringhe

- Comportamento con `scanf`
- *Non è* necessario il carattere `&`
  - In quanto vettore di caratteri, il nome della stringa *è già un riferimento ad una locazione di memoria*

```
char str[5]="";
printf("> ");
scanf("%9s",str);
printf("%s\n",str);
```

Che succede?